

dr inż. RAFAŁ HRYNYK

b. pracownik naukowy CIOP-PIB

prof. dr hab. inż. IWONA FRYDRYCH

Instytut Architektury Tekstyliów Politechniki Łódzkiej, konsultant naukowy CIOP-PIB

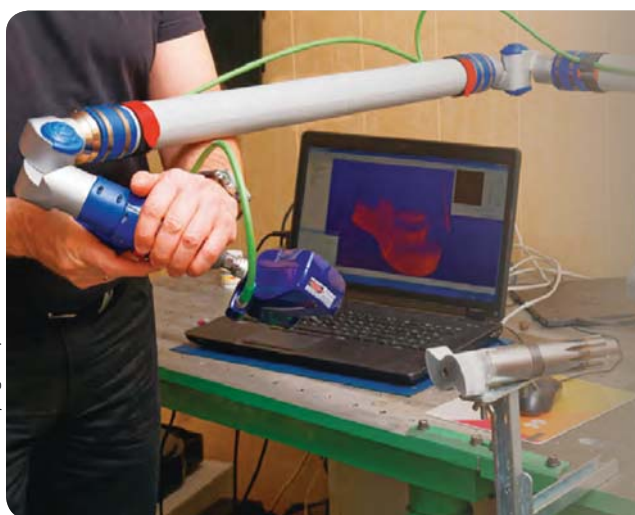
dr inż. AGNIESZKA CICHOCKA

Instytut Architektury Tekstyliów Politechniki Łódzkiej

Kontakt: iwona.frydrych@p.lodz.pl

Projektowanie środków ochrony indywidualnej z wykorzystaniem inżynierii odwrotnej

Fot. Mark KA/Bigstockphoto



W artykule przedstawiono koncepcję zastosowania skanerów w inżynierii odwrotnej do projektowania i konstrukcji środków ochrony indywidualnej wymagających ścisłego dopasowania do osobnika, w tym przypadku butów oraz masek i półmasek. Przedstawiono modele stóp i twarzy, z których do tej pory korzystano oraz metodologię postępowania z użyciem opisywanych skanerów.

Słowa kluczowe: inżynieria odwrotna, skanery, środki ochrony indywidualnej, buty, maski i półmaski

Construction of personal protective equipment with the use of reverse engineering

This article presents the idea of using scanners in reverse engineering for constructing personal protective equipment that requires a precise fit to the person, in this case for shoes and masks and half-masks. It presents models of feet and faces, which have been used so far, and the methodology of designing with the use of scanners.

Keywords: reverse engineering, scanners, personal protective equipment, shoes, masks and half-masks

Wstęp

Środki ochrony indywidualnej (ŚOI) stosowane w celu zapewnienia ochrony pracownikom, oprócz spełnienia wymagań zasadniczych dyrektywy 89/686/EWG [1], rozporządzenia Ministra Gospodarki [2] oraz zharmonizowanych norm przedmiotowych, powinny być konstruowane tak, aby można było je dopasowywać do wymiarów użytkownika. Należy podkreślić, że niewłaściwe dopasowanie ŚOI jest jedną z podstawowych przyczyn niestosowania tego typu wyrobów.

Precyzyjna ocena osobniczych cech antropometrycznych człowieka to atrakcyjny obszar wykorzystania technik wspomaganie komputerowego CAD (*Computer Aided Design*) oraz techniki skanowania 3D do projektowania elementów konstrukcyjnych środków ochrony indywidualnej, m.in. obuwia, masek czy półmasek. Obserwowany w ostatnich latach rozwój technik komputerowych, jak również możliwości techniczne nowych urządzeń optycznych oraz digitalizujących mają istotny wpływ na postęp w badaniach nad symulacją konstrukcji

i projektowaniem, w szczególności wyrobów odzieżowych [3,4]. Powstała w ten sposób możliwość generowania wirtualnych modeli, m.in. kombinezonów dla skoczków narciarskich, ale także mniej skomplikowanych rodzajów odzieży. Obecnie stosowane techniki tworzenia wirtualnych modeli dotyczą głównie odzieży i polegają na przetwarzaniu obrazu dwuwymiarowego (2D) w trójwymiarowy (3D), aczkolwiek ograniczają się do opracowania modeli „jednorazowych” [5,6]. Dostępne na rynku aplikacje komputerowe, wspomagające projektowanie odzieży z uwzględnieniem różnych wzorów płaskich wyrobów włókienniczych (tkanin i dzianin) to produkty takich firm, jak Geber Technology, Lectra, Inverstronica, Browzwear oraz system CM32 firmy Colour Matters i SGS OptiTex. We wszystkich przypadkach komputerowe wspomaganie projektowania wyrobów bazuje na tzw. modelu chmury punktów, która stanowi cyfrowe odwzorowanie ludzkiego ciała [7,8].

Dokładność skanowania obiektów trójwymiarowych, oferowana przez dostępne narzędzia optyczne, umożliwia precyzyjne odwzorowanie

kształtów twarzy oraz stopy [9]. Technika ta może być z powodzeniem wykorzystywana do projektowania elementów konstrukcyjnych obuwia, jak również masek i półmasek, które wymagają ścisłego dopasowania do wymiarów antropometrycznych użytkownika.

Zaprojektowanie wirtualnego modelu nie jest tak czasochłonne, jak manualne tworzenie prototypów, ale wymaga zaangażowania specjalistycznego sprzętu, aplikacji komputerowych, jak również doświadczonego operatora – projektanta. Projekty wyrobów są zwykle wstępnie dostosowane do konkretnego, specyficznego kształtu, a ich wykorzystanie do projektowania innych kształtów wymaga modyfikacji.

Skanery 3D są łatwe w użyciu, przyjazne użytkownikowi, dokładne i szybkie. Największe zalety optycznej metody pomiarowej z ich wykorzystaniem to: wysoka jakość odwzorowania danych rejestrowanych w krótkim czasie, duża dokładność pomiarowa, uzyskanie informacji o geometrii i fakturze całej powierzchni mierzonego obiektu oraz możliwość bezpośredniego porównania z danymi



Rys. 1. Schemat projektowania wyrobów z wykorzystaniem inżynierii odwrotnej [10]

Fig. 1. Schematics of designing products with reverse engineering

CAD. Dzięki tym cechom mogą być one użyte do skanowania kształtów o różnych rozmiarach i stopniach skomplikowania. Rozwój narzędzi i technik skanowania sprawił, że znalazły one zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu, zarówno przy wspomaganiu projektowania i produkcji, jak również przy procesach dotyczących kontroli jakości gotowych wyrobów.

Za pomocą skanerów 3D użytkownik może utworzyć dokumentację techniczną, dwu- lub trójwymiarową obiektów fizycznych, które takiej dokumentacji nie mają, bez konieczności czasochłonnego projektowania ich od podstaw. Dzięki uzyskanym wynikom możliwe jest m.in. wykonanie kopii danego elementu (przez eksport pliku z modelem bryłowym do sterowanej komputerowo obrabiarki CNC, *Computerized Numerical Control*), zaprojektowanie formy odlewniczej, czy też formy wtryskowej do dalszej produkcji. Uzyskanie cyfrowego modelu 3D pozwala na przeprowadzenie modyfikacji danego obiektu lub projektowanie nowych elementów na podstawie już istniejących.

Istotnym elementem techniki skanowania 3D oraz obróbki numerycznej z wykorzystaniem oprogramowania komputerowego jest możliwość zwiaryzowania najważniejszych cech w przestrzeni 2D i 3D (m.in. kąty, odległości, rozstawy otworów, obwody, powierzchnie, łuki itd.). Wynikiem analizy jest profesjonalnie przygotowany raport pomiarowy, który można eksportować do popularnych formatów (.pdf, .png).

Badania miały na celu potwierdzenie celowości stosowania skanera 3D do projektowania ŚOI, a bardziej konkretnie masek i półmasek twarzowych oraz obuwia ochronnego. Projektowanie z wykorzystaniem skanera 3D daje precyzyjne dopasowanie ŚOI, podwyższa komfort ich użytkowania, tym samym podnosi wydajność oraz bezpieczeństwo pracy, a nie było do tej pory w naszym kraju powszechnie stosowane.

Inżynieria odwrotna

Inżynieria odwrotna (*reverse engineering*), to proces pomiarowy, którego celem jest poznanie zasady działania, jak również sposobu wytwarzania obiektu poddanego rekonstrukcji. Technologie inżynierii odwrotnej często są stosowane z zamysłem wytworzenia własnego odpowiednika [18].

Inżynieria odwrotna dotyczy procesów o charakterze rekonstrukcyjnym, polegających na uzyskaniu wirtualnego, trójwymiarowego modelu obiektu fizycznego. Cechą inżynierii odwrotnej jest m.in. to, że elementem wejściowym do procesu projektowo-

-konstrukcyjnego jest niedoskonały geometrycznie model fizyczny, będący rodzajem odwzorowania konstrukcji. Powierzchnia takiego modelu podlega digitalizacji, czego wynikiem jest zbiór punktów. Jest to wystarczająca podstawa do utworzenia modelu powierzchniowego, na podstawie którego generowany jest model bryłowy. Realizacja takiego procesu może być znacznie zautomatyzowana lub realizowana „ręcznie”, z użyciem stosownych narzędzi programowych.

Inżynieria modelu jest często wykorzystywana w celu osiągnięcia pewnej funkcjonalności, przy ominięciu konsekwencji wynikających z praw autorskich lub patentów. Jest także używana przez wojsko, w celu skopiowania technologii opracowanych przez inne państwa, często wspomagana działalnością wywiadowczą. Zjawisko to było powszechne podczas II wojny światowej i w okresie zimnej wojny.

Podstawowe etapy projektowania wyrobów z wykorzystaniem inżynierii odwrotnej uwzględniają takie etapy, jak:

1. wybór i przygotowanie obiektu – modelu fizycznego
2. digitalizacja obiektu – powierzchni lub bryły
3. utworzenie modelu cyfrowego:
 - import zbioru punktów do wspomagającej aplikacji komputerowej
 - utworzenie modelu powierzchniowego
 - utworzenie modelu bryłowego
4. optymalizacja modelu cyfrowego
5. zapis modelu cyfrowego w formacie zgodnym z urządzeniami produkcyjnymi.

Kluczowe etapy inżynierii odwrotnej, od digitalizacji modelu do wykonania elementu, przedstawia przykładowy schemat na rys. 1. Model trafia do cyklu produkcyjnego po jego uprzedniej optymalizacji.

Kształty oraz modele głów i stóp

Technika skanowania 3D oraz zebranie cyfrowych obrazów kształtów twarzy oraz stóp umożliwiają szybkie przygotowanie wirtualnych modeli oraz ich zaadaptowanie do wykonania rzeczywistych modeli elementów konstrukcyjnych obuwia (podeszew, wkładek) oraz części twarzowych sprzętu ochrony układu oddechowego (masek i półmasek). Wybrano do badań te ŚOI, które ściśle przylegają do powierzchni ciała użytkownika, a ich stopień dopasowania decyduje o skuteczności ochron (szczelność przylegania w respiratorze) lub komfortie użytkowania (dopasowanie obuwia np. w przypadku stopy cukrzycowej).

Dopasowanie środków ochrony indywidualnej do wymiarów użytkowników dotyczy wszystkich wyrobów. Jako przykład projektowania wyrobów z wykorzystaniem technik skanowania trójwymiarowego przeanalizowano dwie ich grupy, tj. obuwie o cechach ochronnych oraz maski i półmasek kategorizowane jako sprzęt ochrony układu oddechowego, wytwarzane w podobny sposób. Obie grupy środków ochrony indywidualnej w procesie produkcji wymagają przygotowania wzorców w postaci „kopyt”, na których formowane są odpowiednio anatomiczne kształty kończyn dolnych i części twarzowe sprzętu ochrony układu oddechowego. Warto podkreślić, że zarówno „kopyta” do wytwarzania obuwia, jak i masek i półmasek twarzowych wykazują bardzo duże zróżnicowanie, przekładające się na kształt wyrobów dostępnych na rynku. Ze względu na brak ujednoczenia w zakresie kształtu i rozmiaru „kopyt”, każdy z producentów opracowuje je na podstawie własnych doświadczeń i możliwości technologicznych, traktując opracowane formy jako dobro intelektualne, tzw. *know-how*.

Podstawą projektowania obuwia są formy w postaci „kopyt” konstrukcyjnych, które, ze względu na brak ujednoczonych standardów, mogą różnić się między sobą, w zależności od producenta. Analogicznie wygląda sytuacja w przypadku producentów elementów twarzowych sprzętu ochrony układu oddechowego, którzy także wykorzystują różne formy. Skutkiem tego jest duża rozbieżność wymiarów i konstrukcji obuwia oraz sprzętu ochrony układu oddechowego dostępnego na rynku. Istnieją jednak dane literaturowe, które mogą stanowić podstawę przyjęcia uśrednionych wymiarów w odniesieniu do „kopyt” stóp i twarzy. Przykładowe formy „kopyt”, zarówno w przypadku obuwia, jak i części twarzowych sprzętu ochrony układu oddechowego, są podane w normach opisujących metody oceny tego typu przedmiotów. W przypadku obuwia są to „kopyta” stosowane do oceny odporności podeszew obuwia na poślizg wg PN-EN ISO 13287:2013-04 [11], natomiast w przypadku masek i półmasek można posłużyć się modelami głów i twarzy z normy ISO/TS 16976-2:2010 [12]. Przykłady „kopyt” stóp i modele twarzy przedstawiają rysunki 2. i 4.

Rodzaje stóp

Obrazy stóp uzyskane na podstawie plantogramu porównywane są z wzorcowymi typami stóp wg Bochenka, Bunaka, Clarke'a, Wejsłoga [13,14]. W ocenie stopy pod uwagę brane są przebiegi łuków kostnych (rys. 3.). Na podstawie danych anatomicznych i biomechanicznych podzielono ukształtowanie strony podeszwy stóp na 4 typy:

- stopa wydrążona
- stopa prawidłowa
- stopa płaska funkcjonalnie
- stopa płaska strukturalnie.

Przy uwzględnieniu cech biomechanicznych każda stopa ma nieco inną budowę i podczas ruchu uciska na podłogę w różny sposób [15]. Wyróżnia się trzy zasadnicze sposoby pracy stopy podczas biegu i marszu [16]:

Stopa neutralna – podczas chodu ciężar ciała rozprowadzany jest równomiernie po całej powierzchni stopy, począwszy od początku nastąpienia, czyli od pięty, poprzez stawianie całej stopy, aż do wybicia i jej oderwania. Stopę taką można rozpoznać po tym, że gdy patrzymy na nią od tyłu,



Rys. 2. Model „kopyta” stopy wg PN-EN ISO 13287:2013-04
Fig. 2. A „hoof” model of a foot according to PN-EN ISO 13287:2013-04

pięta ustawiona jest w linii prostej z nogą, a ciężar ciała jest na pięcie równomiernie rozłożony. Osoby mające stopy neutralne powinny używać butów amortyzujących bez stabilizatora stopy. Większość producentów oznacza taki model jako *cushion* (poduszkę powietrzną).

Stopa pronująca – pronowanie stóp jest zjawiskiem bardzo częstym, zwykle związanym z płaskostopiem. W stopie pronującej podczas biegu ciężar ciała przenoszony jest przede wszystkim na wewnętrzną krawędź stopy. Pięty w przypadku stóp pronujących często odstają od linii prostej na zewnątrz. W przypadku silnego pronowania buty używają się w charakterystyczny sposób: podeszwy butów wypychane są na zewnętrzną część stopy. Bardzo ciężkie pronowanie określane jest czasem mianem „kaczego chodu”. Pronowanie w mniejszym lub większym stopniu dotyczy bardzo wielu ludzi. Osoby zaliczające się do tej grupy powinny stosować obuwie z wzmocnieniami poprawiającymi stopę podczas chodzenia. W przypadku tego typu obuwia wzmocnione są też elementy trzymające piętę.

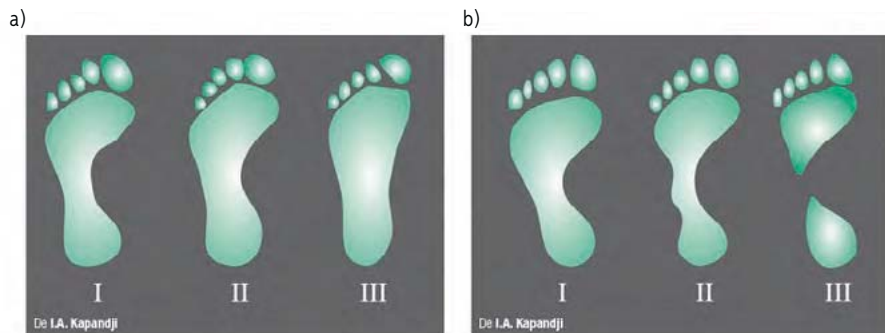
Stopa supinująca – ciężar ciała przenoszony jest przede wszystkim na zewnętrzną krawędź stopy. To zjawisko jest rzadziej spotykane i osoby, których dotyczy, mogą swobodnie nosić buty przeznaczone dla stóp neutralnych. Od kilku lat są jednak dostępne w sklepach buty również i dla stóp supinujących.

Modele głów

Cyfrowe modele głów stanowiące podstawę definiowania wymiarów antropometrycznych głowy oraz twarzy pochodzą z Centers for Disease Control and Prevention w USA i zostały opracowane przez zespół Zhuanga, Benson i Viscusi z National Institute for Occupational Safety and Health z Pittsburga.

Perspektywy badań i zastosowania skanerów w konstrukcji ŚOI

Sukces i popularność zastosowania skanerów 3D w konstrukcji ŚOI zweryfikuje rynek konsumenta. Badania parametrów charakteryzujących wymiary oraz kształty twarzy i stóp przeprowadzone zostaną



Rys. 3. Rodzaje stóp na podstawie plantokonturogramów a) I – prawidłowa, II, III – płaska; b) I – prawidłowa, II, III – wydrążona

Fig. 3. Foot types on the basis of plantar prints a) I – correct, II, III – flat; b) I – correct, II, III – drilled

z wykorzystaniem przenośnego skanera 3D oraz aplikacji komputerowych (rys. 5.) dla grupy ratowników. W pierwszym podejściu przede wszystkim zwiększona zostanie dokładność i precyzja pomiarów mierzonych obiektów. Możliwa stanie się ocena wymiarów antropometrycznych użytkowników obuwia oraz masek i półmasek twarzowych, ze szczególnym uwzględnieniem służb ratowniczych (straż pożarna, ratownictwo chemiczne i górnicze).

Uzyskane w ten sposób wyniki oceny parametrów antropometrycznych twarzy i stóp pozwolą uzyskać znacznie większą jakość pomiarów cyfrowych w porównaniu z klasycznymi metodami, wykorzystującymi przymiary liniowe i kątomierze kabłąkowe.

Powstała w związku z tym baza danych mogłaby także posłużyć uaktualnieniu danych zawartych w normie oraz otworzyć drogę do zamówień indywidualnych, skoncentrowanych na konkretnym kliencie.

Drugi aspekt potencjału skanerów 3D w konstrukcji ŚOI łączy próby optymalizacji sposobu oceny dopasowania wyrobów do wymiarów antropometrycznych użytkowników przy wykorzystaniu obowiązujących standardów, jednakże wnosząc poprzez zastosowanie skanera 3D wartość dodaną.

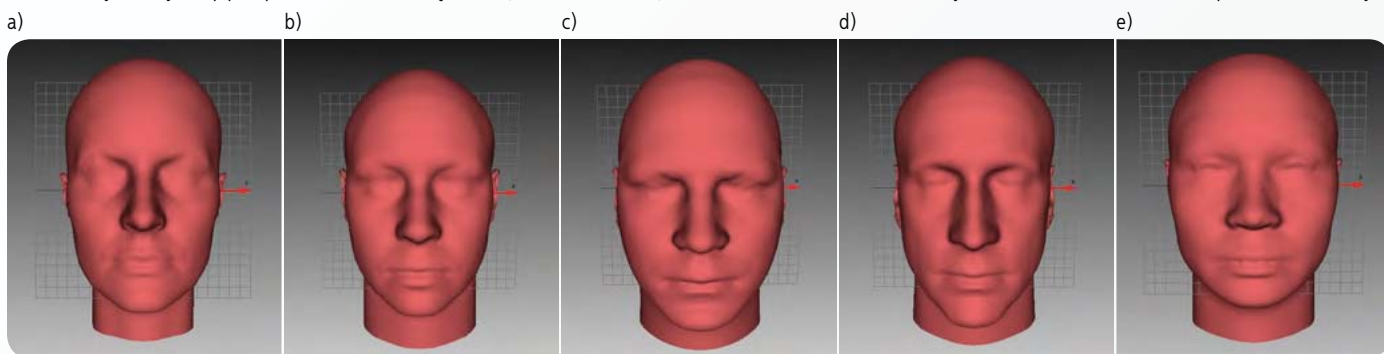
Optymalizacja dopasowania wyrobów do wymiarów antropometrycznych użytkowników winna uwzględniać wówczas porównanie numerycznych, zarejestrowanych wymiarów antropometrycznych użytkowników z modelami głów stosowanych do oceny sprzętu ochrony układu oddechowego, zgodnie z wymaganiami normy ISO/TS 16976-2:2010 oraz trzema modelami „kopyt” obuwia strażackiego. Właściwie zdefiniowane kryteria dopasowania wyrobu do użytkownika oraz precyzyjne dane wymiarowe pozwolą osiągnąć lepszy stopień dopasowania ŚOI (w odniesieniu do obecnie obowiązujących wzorców, zdefiniowanych w normie) oraz wyższy stopień komfortu użytkowania, co może w efekcie

także pozytywnie wpływać na poziom ochrony sprzętu. W odniesieniu do wymiarów stóp i twarzy, zaproponowany zostanie podział ochotników na typoszeregi najbliższe badanym wzorcom twarzy oraz stóp. Następnie, na podstawie uzyskanych wyników pomiarów antropometrycznych, wytypowana będzie liczba oraz rozmiary „kopyt”, przeznaczonych dla poddanej badaniom grupy użytkowników obuwia i masek.

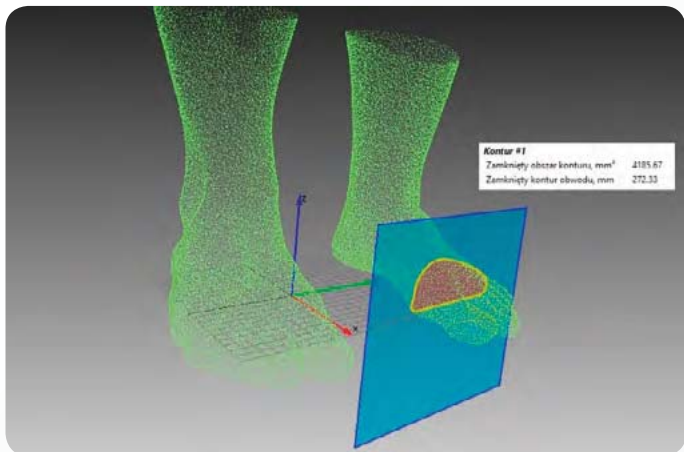
Podsumowanie

Podjęcie tematu skanowania stóp i głów związane jest z rosnącym zapotrzebowaniem użytkowników na coraz to lepsze wyroby, co szczególnie dotyczy środków ochrony indywidualnej. Jednym z elementów poprawy jakości tego typu wyrobów jest zapewnienie ich dopasowania do wymiarów antropometrycznych użytkowników. Należy podkreślić fakt, że nawet najlepsze materiały i nowości techniczne nie są w stanie zapewnić należytej ochrony przed zagrożeniami bez odpowiedniego dopasowania ich do wymiarów ciała [18]. Doskonały przykład stanowią wyroby termoizolacyjne, wykorzystujące materiały tekstylne i wkłady termoizolacyjne, które źle dopasowane nie stanowią należytej ochrony przed zagrożeniami termicznymi. Niezależnie od rodzaju i jakości wykorzystanego materiału lub ich układów wyroby powinny charakteryzować się możliwie najlepszym dopasowaniem, aby zapewnić ochronę przed zagrożeniami występującymi w środowisku pracy.

W Polsce obuwnictwo jest branżą bardzo ubogą w nowoczesne rozwiązania i pewne doinwestowanie tej branży, np. w skanery 3D, wydaje się być konieczne. Wdrażanie na rynku nowości zawsze pociąga za sobą w początkowym okresie pewne koszty, jednak w miarę czasu technologie te tanieją i tak np. oferta sprzętu 3D i oprogramowania firmy ARTEC jest obecnie o 70% tańsza niż przed dwoma laty.



Rys. 4. Modele głów wg normy ISO/TS 16976-2:2010 : a – mała, b – średnia, c – duża, d – długa i wąska, e – krótka i szeroka
Fig. 4. Models of head according to standard ISO/TS 16976-2:2010: a – small, b – medium, c – large, d – long and thin, e – short and thick



Rys. 5. Pomiar wymiarów z wykorzystaniem obrazu 3D stopy
 Fig. 5. Dimensions measurement with the use of the foot 3D image

Grupą użytkowników środków ochrony indywidualnej szczególnie narażoną na zagrożenia są służby ratownicze, takie jak straż pożarna, ratownictwo górnicze i chemiczne. Rozwój ŚOI ma szczególne znaczenie właśnie dla nich, jako że do skutecznego prowadzenia akcji ratunkowej wymagany jest najwyższy poziom ochron oraz jakość dopasowania stosowanych wyrobów. Świadome tego faktu są już duże międzynarodowe koncerny, takie jak Dräger, Haneywell czy 3M, które od lat stosują techniki 3D na różnych etapach projektowania swoich modeli półmasek i masek ochronnych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Dyrektywa 89/686/EWG dotycząca środków ochrony indywidualnej
- [2] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla środków ochrony indywidualnej (Dz.U. Nr 259, poz. 2173)
- [3] D'Apuzzo N. *Intellifit revolutionary full body scanner*. "Human Body Measurement Newsletter" 2005,1,1
- [4] Peng F., Sweeney D., Delamore P. *Digital Innovation in Fashion How to 'Capture' the User Experience in 3D Body Scanning*. IJEM 2012, 3,4:233-240
- [5] Hasler N., Stoll C., Rosenhahn B., Thormahlen T., Seidel H-P. *Estimating Body Shape of Dressed Humans*. academia.edu, SMI 2009
- [6] Kyung S.H. and Ashdown S.P. *An Exploratory Study of the Validity of Visual Fit Assessment From Three-Dimensional Scans*. "Clothing & Textiles Research Journal" 2010, 28, 4
- [7] Galantucci LM., Percoco G., Di Gioia E. *Photogrammetric 3D Digitization of Human Faces Based on Landmarks*. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2009 Vol I, IMECS 2009, March 18 - 20, 2009, Hong Kong
- [8] Koutny D., Palousek D., Koutecky T., Zatočilova A., Rosický J., Janda M. *3D Digitalization of the Human Body for Use in Orthotics and Prosthetics*. World Academy of Science, Engineering and Technology 2012,6:12-21
- [9] Ares M., Royo S., Vidal J., Campderrós L., Panyella D., Pérez F., Vera S., González Ballester MA. *3D Scanning System for In-Vivo Imaging of Human Body*, Springer – Verlag 2014
- [10] <http://www.e-prototypy.pl/oferta/skanowanie3d>
- [11] PN-EN ISO 13287:2013-04 Środki ochrony indywidualnej – Obuwie – Metoda badania odporności na poślizg
- [12] ISO/TS 16976-2:2010 Respiratory protective devices – Human factors – Part 2: Anthropometrics
- [13] Lichota M., Plandowska M., Mil P. *The Arches of the Feet of Competitors in Selected Sporting Disciplines*, "Pol. J. Sport Tourism." 2013,20:135-140
- [14] Radziwińska A., Szyper S., Bułatowicz I., Srokowski G., Kazmierczak U., Strojek K., Kaliszewska M., Dzierżanowski M., Zukow W. *Prevention of Flat Feet in Preschool Children*, "Journal of Health Sciences" 2012, 2,1:25-39
- [15] Srokowski G., Srokowska A., Bułatowicz I., Siedlaczek M., Pilecka-Rybka K., Radziwińska A., Kazmierczak U., Krajnik A. *Distribution of the compressive forces on the plantar side of the foot of the early school child*. "Journal of Health Sciences" 2013,3,13:26-49
- [16] Rex C. *Clinical Assessment and Examination in Orthopaedics*. JB Medical Publishers (P) Ltd., New Delhi 2002
- [17] Jeffrey O., Stull G. *When it comes to PPE, size matters*. "Fire Rescue News" 10/25/2012 (<http://www.firerescue1.com/print.asp?act=print&vid=1359841-when-it-comes-to-ppe-size-matters>, dostęp online 29.10.2014)
- [18] Kurzydowski T., Ziółkowski G., Kobiela K., Chlebus E., Juszczyk H. *Proces inżynierii odwrótej w zastosowaniach kryminalistycznych*. „Problemy Kryminalistyki” 2014,285,3

Publikacja opracowana na podstawie wyników III etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2014-2016 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

Znajdziesz nas w Internecie: www.ciop.pl, e-mail: bpredakcja@ciop.pl



**BEZPIECZEŃSTWO
 PRACY** nauka i praktyka

PRENUMERUJ